

XP-002296527

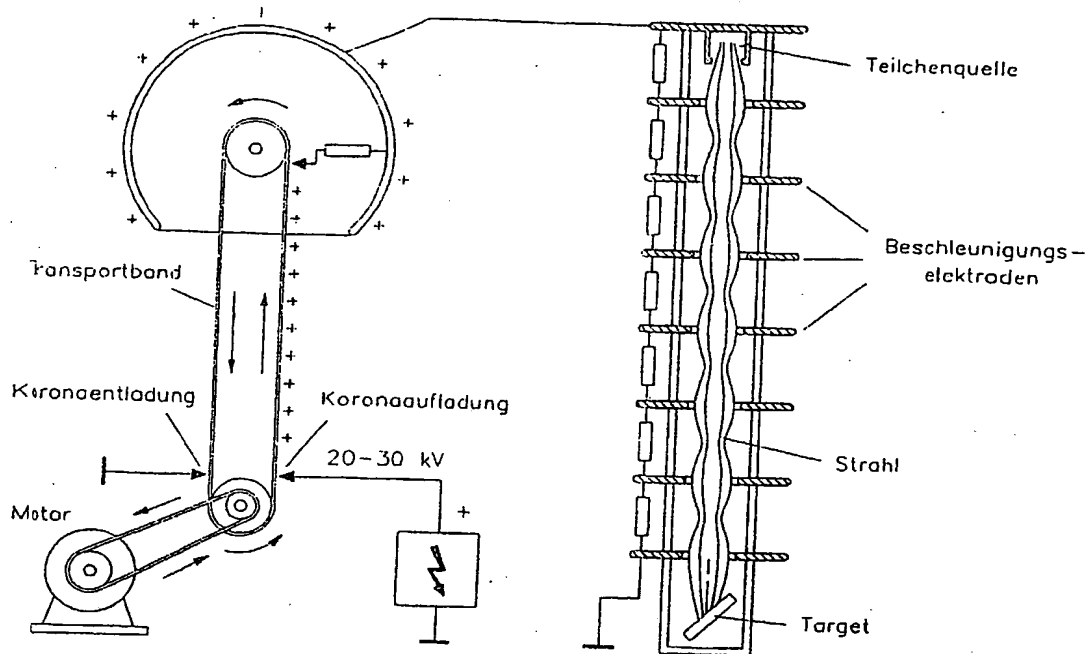


Fig. 1.7 Prinzip des Van de Graaff-Beschleunigers

bis zu  $I = 500 \text{ kA}$  erzielt. Mit Hilfe eines bei General Electric gebauten Marx-Generators [5] wurden im Jahre 1932 Spitzenspannungen um 6 MV erzeugt.

#### 1.3.4 Der Van de Graaff-Beschleuniger

Im Jahre 1930 begann *R.J. Van de Graaff* [6] mit den ersten Entwicklungsarbeiten an einem später nach ihm benannten Hochspannungsgenerator, der als wesentliches Element ein zwischen zwei Rollen umlaufendes Band aus isolierendem Material enthält (Fig. 1.7). Dieses Band wird in der Art eines Förderbandes von einem Elektromotor angetrieben. Mit Hilfe einer spitzen Elektrode werden unter Ausnutzung der Koronabildung Ladungen auf das Transportband aufgesprüht. Durch die Bewegung des Bandes gelangen diese Ladungen anschließend in eine isoliert aufgestellte leitende Hohlkugel, wo sie durch eine zweite Elektrode abgestreift werden. Die Hohlkugel lädt sich dabei stetig auf, bis die kritische Grenzspannung erreicht ist. Die Kugel ist leitend mit der obersten Elektrode des eigentlichen Teilchenbeschleunigers verbunden, die auch die Teilchenquelle enthält. Der linear angeordnete Beschleuniger besteht aus einer größeren Zahl von ringförmigen Elektroden, die über hochohmige Widerstände miteinander verbunden sind. Durch diese Anordnung wird die Gefahr von Überschlägen redu-

ziert, da zwischen den einzelnen Elektroden eine vergleichsweise geringe Spannung herrscht und dadurch eine relativ gleichmäßige Feldverteilung gegeben ist. Die Elektroden wirken außerdem wie elektrostatische Linsen, mit deren Hilfe noch eine gewisse Strahlfokussierung erreicht wird.

Mit dem *Van de Graaff*-Generator werden unter normalen Bedingungen Spannungen bis zu etwa 2 MV erzeugt. Deutlich höhere Werte bis zu etwa 10 MV werden möglich, wenn man den Generator mit Beschleunigerteil in einen Tank setzt, der mit einem Isoliergas (z.B.  $\text{SF}_6$ ) unter einem Druck von ca. 1 MPa gefüllt ist.

Durch Umladung von Ionen während der Beschleunigung kann das Potential zweimal genutzt und somit Teilchenstrahlen mit doppelter Energie erzeugt werden. *Van de Graaff* hat 1936 mit seinen Mitarbeitern erstmals einen Beschleuniger nach diesem Prinzip gebaut, der auch als *Tandem-Beschleuniger* bezeichnet wird. Die prinzipielle Anordnung ist in Fig. 1.8 gezeigt. Die in einer Ionenquelle

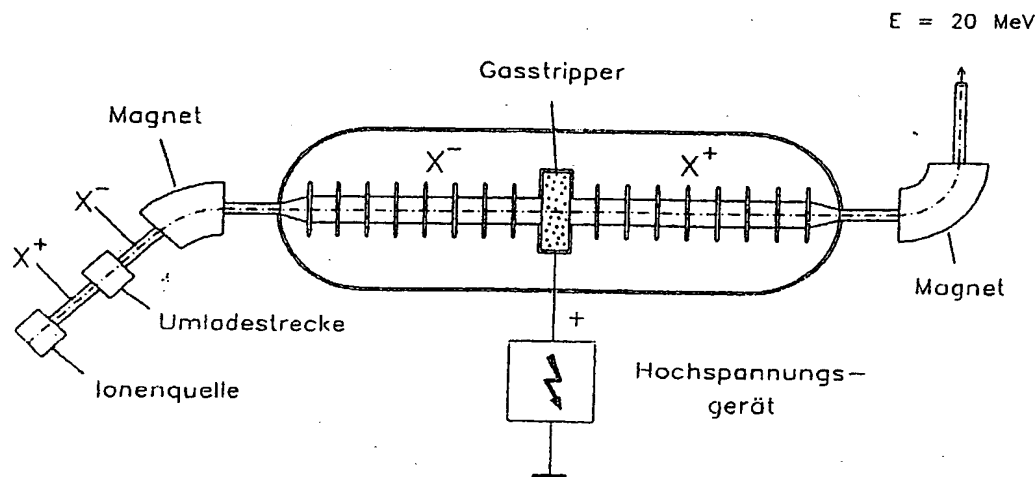


Fig. 1.8 Prinzip des Tandem-Beschleunigers

gebildeten zunächst positiven Ionen werden in einer Umladestrecke soweit mit Elektronen angereichert, daß sie einen Überschuß davon erhalten und als *negative* Ionen weiterfliegen. Ein homogener Magnet sortiert Ionen mit einem definierten  $e/m$ -Verhältnis aus, die dann in den Beschleuniger eintreten. Nachdem die Spannung einmal durchlaufen ist, treffen die Ionen auf Gasmoleküle und streifen bei den Stößen die Elektronen ab. Diesen sogenannten "Gasstripper" verlassen sie dann als *positive* Ionen. Auf Grund der Umladung können die Ionen nun ein zweites Mal mit Energiegewinn die Beschleunigungsstrecke durchlaufen. Am Ausgang sortiert ein weiterer Ablenkmagnet die Teilchen mit der gewünschten Ladung und Energie aus. Durch dieses Prinzip können vor allem bei vielfach ionisierten Ionen Energien bis 1000 MeV erreicht werden.